Interférence à double faisceau d' ondes à la surface de l'eau

Objectifs expérimentaux

- Etude de l'interférence par double excitation d'ondes circulaires en fonction de l'écart des deux excitateurs et de la longueur d'onde
- Etude de l'interférence d'ondes derrière une fente double.
- Comparaison des images d'interférence

Principes de base

La superposition d'ondes circulaires cohérentes à l'endroit de jonction s'appelle interférence; les ondes peuvent être amplifiées à certains endroits, diminuées voire éliminées à d'autres.

L'interférence à un point dépend du déplacement des ondes circulaires interférantes l'une par rapport à l'autre, ou plus exactement de la différence de marche des deux ondes à cet endroit.

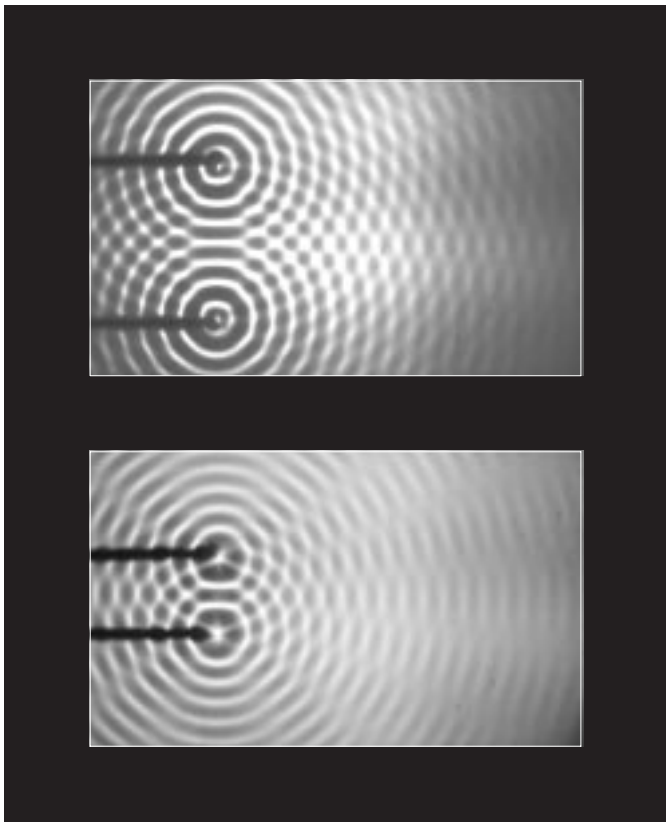


Fig. 1 Interférence de deux ondes circulaires cohérentes (photos)
En haut: écart de l'excitateur ponctuel = 8 cm
En bas: écart de l'excitateur ponctuel = 4,2 cm

Pour une différence de marche,

$$\Delta s = n \cdot \lambda \quad \text{avec } n = 0, \pm1, \pm2, \ldots \qquad \text{(I)},$$

les déviations des ondes uniques sont additionnées, c'est à dire qu'il y a amplification maximale.

Pour une différence de marche ,

$$\Delta s = \left(n + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda \quad \text{avec } n = 0, \pm1, \pm2, \ldots \qquad \text{(II)},$$

les déviations sont soustraites, c'est à dire que les deux ondes s'éliminent complètement à amplitudes égales.

Les points de différence de marche égales se trouvent sur des hyperboles (Fig. 2) dont les centres d'excitation sont les foyers. Leur position peut être décrite par les angles α (Fig. 3), formés par l'axe médian et les centres d'excitation.

Pour la valeur maximale;

$$\sin\alpha = n \cdot \frac{\lambda}{d} \quad \text{avec } n = 0, \pm1, \pm2, \ldots \qquad \text{(III)},$$

pour la valeur minimale;

$$\sin\alpha = \left(n + \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{\lambda}{d} \quad \text{avec } n = 0, \pm1, \pm2, \ldots \qquad \text{(IV)}$$

(d : écart de l'excitateur, λ : longueur d'onde)

Matériel

1 cuve à ondes avec stroboscope à moteur . 401 501

en complément:

Liquide vaisselle,
feuilles transparentes, feutres pour transparents, ruban adhésif, règle, rapporteur

Les ondes circulaires cohérentes sont produites dans la cuve à ondes au moyen d'excitateurs d'ondes circulaires par exemple, reliés à la membrane de l'appareil d'alimentation, les ondes circulaires produites ont la même amplitude et la même fréquence. La réflexion d'ondes à la surface de l'eau circulaires sur un obstacle rectiligne conduit au même résultat. Le reflet du centre d'excitation forme le deuxième centre d'excitation.

Si des fronts d'ondes rectilignes rencontrent un obstacle avec deux fentes étroites, des ondes circulaires cohérentes se forment également derrière les fentes. L'excitation double et les fentes doubles produisent les mêmes images d'interférence.

Montage

Le montage expérimental est représenté en fig. 4.

– monter la cuve à ondes sur une surface stable; se conformer au mode d'emploi de la cuve à ondes.
– monter deux excitateurs d'ondes circulaires à double excitation à 8 cm l'un de l'autre (voir fig. 8).
– préparer l'excitateur d'ondes rectilignes, l'obstacle à 4 fentes simples et le tiroir de recouvrement.
– fixer une feuille transparente sur l'écran **(g)** avec du ruban adhésif.

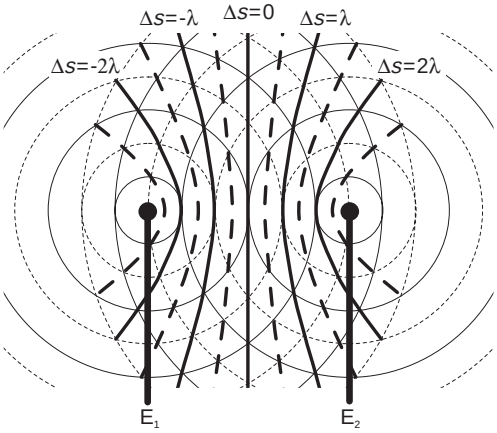
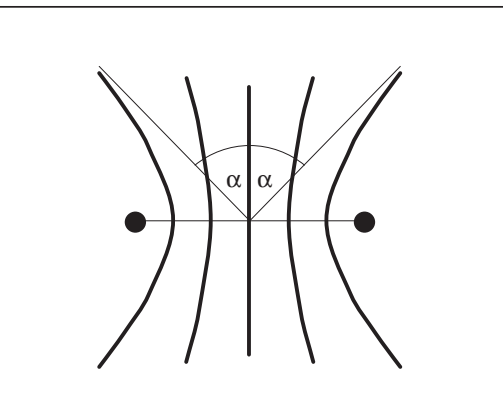


Fig. 2 Représentation schématique de l'interférence de deux ondes circulaires cohérentes
E_1, E_2: excitateurs d'ondes circulaires

Fig. 3 Direction α des hyperboles d'interférence



Réalisation

a) Interférence à double faisceau par double excitation :

– éventuellement sortir le disque stroboscopique de la marche des rayons, à l'aide de la vis moletée **(f)**, de manière à ce que la plaque de verre au fond de la cuve à ondes soit totalement éclairée.
– régler la fréquence à 25 Hz environ avec le bouton **(e)** et augmenter doucement l'amplitude d'excitation avec le bouton **(d)**, jusqu'à apparition de fronts d'ondes nets (voir le mode d'emploi de la cuve à ondes).
– changer la profondeur d'immersion avec la vis de réglage **(h1)** si nécessaire.
– observer la position et la valeur des maximums et minimums d'interférence.
– représenter la position des centres d'excitation et les hyperboles d'interférence sur la feuille transparente.
– mesurer la longueur d'onde λ, la distance de l'excitateur *d*, et déterminer les directions α, pour lesquelles les minimums d'interférence apparaissent. Tenir compte de l'échelle d'affichage pour déterminer la longueur d'onde réelle (voir le mode d'emploi de la cuve à ondes).
– réduire la distance de l'excitateur à 4,2 cm et refaire les essais.
– comparer les deux images d'interférence.
– régler des fréquences de 10 à 40 Hz par paliers de 5 Hz. Observer à chaque fois la longueur d'onde, la position et le nombre des hyperboles d'interférence. Représenter quelques images d'interférence sur d'autres feuilles transparentes pour l'évaluation quantitative. Comparer les images d'interférence.

Indication: les changements de position des hyperboles d'interférence peuvent être observés aisément en diminuant ou en augmentant constamment la fréquence.

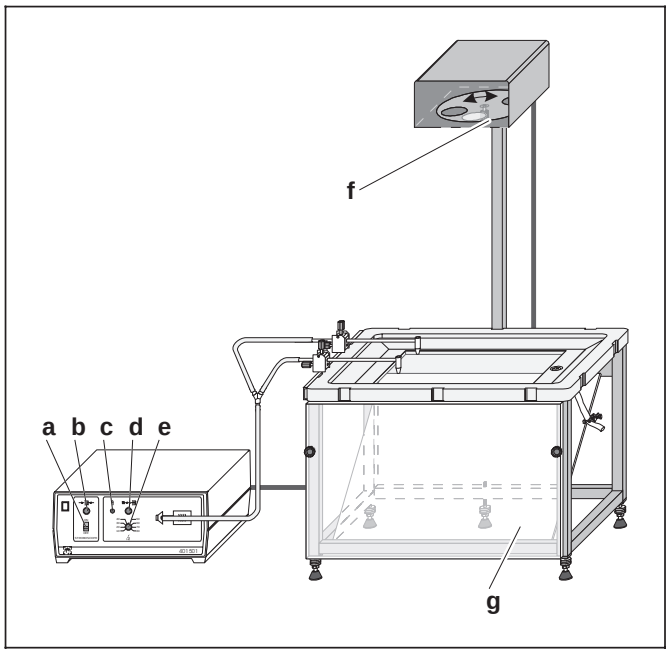


Fig. 4 Montage expérimental pour l'interférence à double faisceau
a interrupteur du stroboscope
b bouton (réglage fin de la fréquence du stroboscope)
c bouton poussoir (excitation d'ondes uniques)
d bouton (réglage de l'amplitude de l'excitation d'ondes)
e bouton (réglage de la fréquence de l'excitation d'ondes)
f vis moletée (rotation manuelle du disque stroboscopique)
g écran d'observation

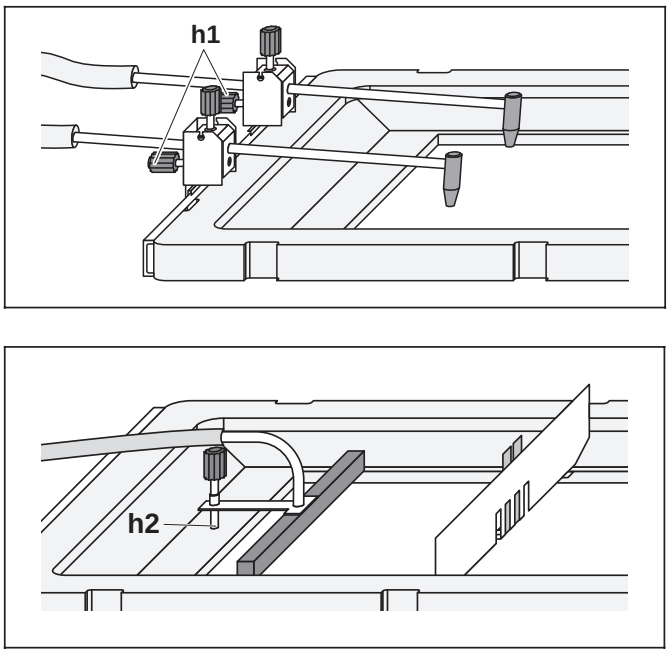


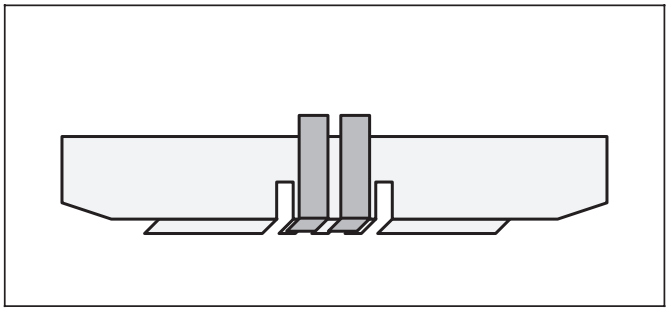
Fig. 5 Branchement de l'excitateur double
h1 vis de réglage (réglage de la profondeur d'immersion)

Fig. 6 Branchement de l'excitateur d'ondes rectilignes et montage d'essai pour l'interférence à double faisceau derrière une fente double
h2 vis de réglage (réglage de la profondeur d'immersion)

b) Interférence à double faisceau sur la fente double :

– sortir l'excitateur d'ondes circulaires et placer l'obstacle à 4 fentes simples au milieu de la cuve à ondes, exactement sous la lampe.
– brancher l'excitateur d'ondes rectilignes comme indiqué en Fig. 6 et le placer parallèlement à 5 cm de l'obstacle.
– recouvrir les deux fentes intérieures avec les tiroirs de recouvrement fins, comme indiqué en fig. 7 (écart de centre à centre: 4,2 cm).
– régler la fréquence à 25 Hz et augmenter doucement l'amplitude d'excitation, jusqu'à apparition de fronts d'ondes nets (voir le mode d'emploi de la cuve à ondes).
– changer la profondeur d'immersion avec la vis de réglage **(h2)** si nécessaire.
– observer la position et la valeur des maximums et minimums d'interférence.
– représenter la position des fentes et les hyperboles d'interférence sur la feuille transparente.
– mesurer la longueur d'onde λ, l'écart de centre à centre entre les fentes *d* et déterminer les directions α, pour lesquelles les minimums d'interférence apparaissent.
– comparer l'image d'interférence avec celle de l'excitateur double (distance 4,2 cm, $f = 25$ Hz).
– faire varier l'écart entre les fentes *d* en recouvrant la deuxième et la quatrième fente (fentes extérieures) comme indiqué en Fig. 7 et refaire les essais.
– comparer les modèles d'interférence des deux images d'interférence.
– régler des fréquences de 10 à 40 Hz par paliers de 5 Hz. Observer à chaque fois la longueur d'onde, la position et le nombre des hyperboles d'interférence. Représenter quelques images d'interférence sur d'autres feuilles transparentes pour l'évaluation quantitative. Comparer les images d'interférence.

Fig. 7 Fente double avec 4,2 cm d'écart de centre à centre



Exemple de mesure

Deux photos avec des exemples de mesure pour l'interférence à double faisceau sont représentées en fig. 1.

Tableau 1: directions α des 3 premières hyperboles d'interférence pour des minimums d'interférence avec λ =1,1 cm et différents écarts d'excitateurs *d*

	Expérience			Formule (III)		
$\frac{d}{\text{cm}}$	α_1	α_2	α_3	α_1	α_2	α_3
8,0	5°	12°	22°	3,9°	11,9°	20,1°
4,2	7°	22°	39°	7,5°	23,1°	40,9°

La Fig. 8 représente deux photos d'exemples de mesure d'interférence par excitation double et d'interférence derrière une fente double.

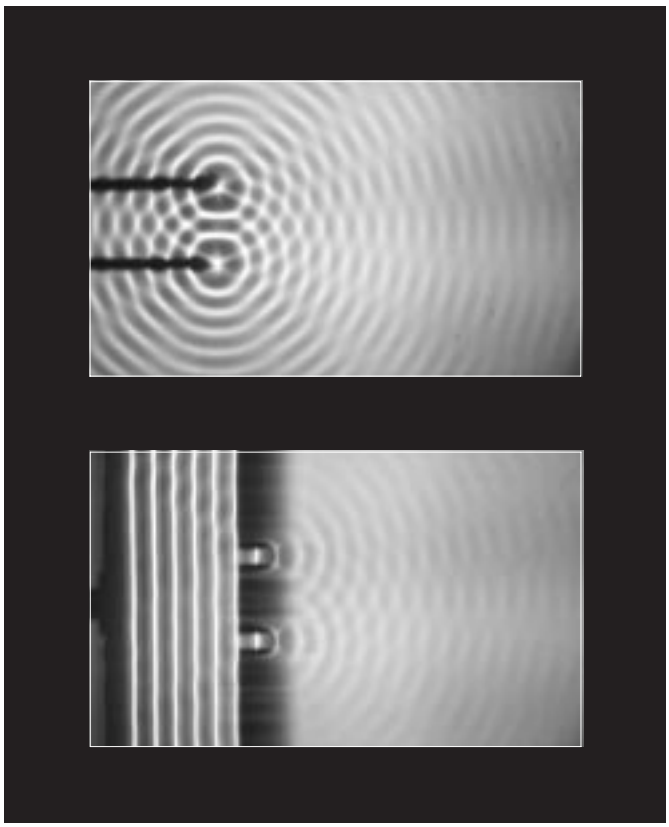


Fig. 8 Interférence à double faisceau d'ondes à la surface de l'eau (photos)
En haut: excitation double
En bas: diffraction sur la fente double

Résultats

a) Interférence à double faisceau derrière une fente double :

Les ondes circulaires produites par l'excitateur double se superposent aux endroits où elles se rencontrent. Les régions sans mouvements d'ondes sont caractérisés par l'effacement (minimums).

Les minimums et maximums se trouvent sur des hyperboles avec les centres d'excitation comme foyer. Les relations concernant la position des hyperboles énoncées dans la partie „Bases" sont confirmées expérimentalement:

Les modèles d'interférence sont caractérisés par l'écart des excitateurs et la longueur d'onde. Lorsque l'écart de l'excitateur augmente (diminution de la longueur d'onde), le nombre d'hyperboles augmente.

b) Interférence à double faisceau sur la fente double :

Les images d'interférence apparaissant derrière la fente double sont semblables à celles de l'excitateur double. D'après le principe d'Huygens, deux nouvelles ondes circulaires de fréquences et amplitudes égales (ondes circulaires cohérentes) apparaissent simultanément aux deux fentes. La structure d'interférence est identique à celle de l'excitateur double.

Le modèle d'interférence est caractérisé par la distance de centre à centre entre les fentes et la longueur d'onde. Lorsque la distance de centre à centre augmente (diminution de la longueur d'onde), le nombre d'hyperboles augmente.

© by Leybold Didactic GmbH
Printed in the Federal Republic of Germany
Technical alterations reserved